

2007P76434



(19) BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

# Offenlegungsschrift

(10) DE 43 08 811 A 1

(51) Int. Cl. 5:

F 02 D 41/40

F 02 D 41/20

H 01 F 7/18

B4

DE 43 08 811 A 1

- (21) Aktenzeichen: P 43 08 811.2  
(22) Anmeldetag: 19. 3. 93  
(23) Offenlegungstag: 27. 1. 94

(30) Innere Priorität: (32) (33) (31)

21.07.92 DE 42 23 891.9

(71) Anmelder:

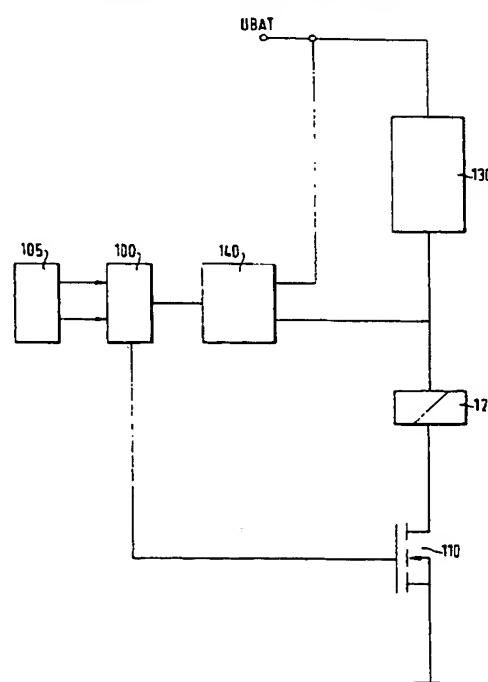
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:

Locher, Johannes, Ing.(grad.), 7000 Stuttgart, DE;  
Fischer, Werner, Dipl.-Ing., 7258 Heimsheim, DE;  
Schoenfelder, Dietbert, Dipl.-Ing., 7016 Gerlingen,  
DE; Fuchs, Walter, Dr., 7000 Stuttgart, DE; Veldten,  
Burkhard, Dipl.-Ing., 7250 Leonberg, DE; Schmitz,  
Peter, Dipl.-Ing. Dr., 7140 Ludwigsburg, DE

(54) Verfahren und Einrichtung zur Steuerung einer magnetventilgesteuerten Kraftstoffzumeßeinrichtung

(57) Es wird ein Verfahren und eine Einrichtung zur Steuerung einer magnetventilgesteuerten Kraftstoffzumeßeinrichtung insbesondere für eine Dieselmotorenmaschine beschrieben. Hierbei werden die Schaltzeitpunkte (TSE, TSA) eines elektromagnetischen Verbrauchers (120) durch Detektion eines Knicks im Stromverlauf ermittelt. Hierzu werden lediglich einzelne diskrete Stromwerte (IK) zu vorgebbaren Zeitpunkten (TK) ausgewertet.



Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 11. 93 308 064/432

9/46

## Stand der Technik

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Einrichtung zur Steuerung einer magnetventilgesteuerten Kraftstoffzumeinrichtung insbesondere für eine Dieselmotorkraftmaschine gemäß dem Oberbegriff des unabhängigen Anspruchs.

Ein solches Verfahren und eine solche Einrichtung zur Steuerung einer magnetventilgesteuerten Kraftstoffzumeinrichtung ist aus dem SAE-Paper 85 05 42 bekannt. Dort wird eine Steuereinrichtung für eine Kraftstoffpumpe beschrieben, bei der eine elektronische Steuereinheit über eine Leistungsendstufe ein der Kraftstoffpumpe zugeordnetes elektromagnetisch betätigtes Ventil steuert. Diese Steuereinheit bestimmt abhängig vom Betriebszustand der Brennkraftmaschine die gewünschten Zeitpunkte für den Förderbeginn und das Förderende der Kraftstoffpumpe. Aus diesen gewünschten Zeitpunkten berechnet die Steuereinheit die Ansteuerzeitpunkte für die Leistungsendstufe so, daß das elektromagnetische Ventil eine solche Stellung annimmt, daß die Kraftstoffpumpe Kraftstoff fördert bzw. die Förderung beendet. Dabei erfolgt der Ansteuerimpuls eine gewisse Zeit vor dem gewünschten Zeitpunkt, bei dem das elektromagnetische Ventil so betätigt werden soll, daß der Kraftstoff gefördert bzw. die Förderung beendet wird.

Diese Verzögerung beruht auf den Schaltzeiten der Magnetventile. Die Einschaltzeit gibt die Verzögerung zwischen Ansteuerimpuls und dem Schließen des Magnetventils an. Die Ausschaltzeit gibt die Verzögerung zwischen Ansteuerimpuls und dem Öffnen des Magnetventils an. Der Zeitpunkt bei dem das Magnetventil schließt bzw. öffnet wird im folgenden als Schaltzeitpunkt bezeichnet. Aufgrund verschiedener Ursachen, wie z. B. fertigungstechnischer Toleranzen oder hydraulischen Effekten, Temperaturreffekten, Änderungen im Magnetventil oder der Ansteuerschaltung, sind die Schaltzeitpunkte des Magnetventils Streuungen unterworfen. Der tatsächliche Schaltzeitpunkt bei dem das Magnetventil öffnet oder schließt, weicht von den vorgegebenen Werten mehr oder weniger stark ab. Hieraus resultieren unerwünschte Abweichungen des Einspritzbeginns und der Einspritzmenge von den gewünschten optimalen Werten.

Daher ist es erforderlich, daß die Ein- und/oder Ausschaltzeiten des Magnetventils genau erfaßt werden. Aus der DE-OS 34 26 799 (US-A 4 653 447) ist eine Einrichtung bekannt, die den Schaltzeitpunkt und davon ausgehend die Einschaltzeiten und Ausschaltzeiten des Magnetventils erfaßt. Ausgehend von dem zeitlichen Verlauf des Stromes durch das Magnetventil kann der genaue Schaltzeitpunkt des Magnetventils erkannt werden. Angaben dahingehend, wie dieser Schaltzeitpunkt erkannt wird, enthält diese Entgegenhaltung nicht.

Aus der DE-OS 38 43 138 ist ein weiteres Verfahren zur Steuerung und Erfassung der Bewegung eines Ankers eines elektromagnetischen Schaltorgans bekannt. Auch hier wird der Schaltzeitpunkt des elektromagnetischen Ventils ausgehend von dem Stromverlauf ermittelt. Hierzu ist vorgesehen, daß der Stromverlauf mittels einer analogen Schaltung ausgewertet wird.

Diese Verfahren sind sehr aufwendig und teuer, da sie einen sehr hohen schaltungstechnischen Aufwand erfordern.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, bei einem System zur Steuerung einer magnetventilgesteuerten Kraftstoffzumeinrichtung eine Möglichkeit aufzuzeigen, die Schaltzeitpunkte und damit die Ein- und/oder Ausschaltzeiten des Magnetventils möglichst einfach und kostengünstig zu erfassen. Diese Aufgabe wird durch die im Anspruch 1 gekennzeichneten Merkmale gelöst.

## Vorteile der Erfindung

Mit der erfindungsgemäßen Einrichtung wird eine kostengünstige und nur wenige Bauteile erfordernnde Einrichtung zur Erfassung der Schaltzeitpunkte des Magnetventils beschrieben.

## Zeichnungen

Die Erfindung wird nachstehend anhand der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsform erläutert. Es zeigen

Fig. 1 ein Blockdiagramm des erfindungsgemäßen Systems,

Fig. 2 ein zeitlicher Verlauf des Stromes durch das Magnetventil sowie den Hub der Magnetventilnadel,

Fig. 3 eine detailliertere Darstellung des zeitlichen Stromverlaufs,

Fig. 4 und Fig. 5 je ein Flußdiagramm der erfindungsgemäßen Vorgehensweise.

## Beschreibung des Ausführungsbeispiels

In Fig. 1 ist das erfindungsgemäße System schematisch dargestellt. Es sind nur die wesentlichen Bauelemente eingetragen. Der Pluspol U<sub>BAT</sub> der Batterie steht über eine Reihenschaltung aus einem Meßmittel 130, einem elektromagnetischen Verbraucher 120 und einem Schaltmittel 110 mit Masse in Verbindung. Eine Stromerfassung 140 steht mit den beiden Ausgängen der Meßmittel 130 in Verbindung. Die Stromerfassung 140 beaufschlagt eine elektronische Steuereinheit 100 mit einem Signal.

Die elektronische Steuereinheit 100 steht mit verschiedenen Sensoren 105 in Verbindung. Diese elektronische Steuereinheit 100 beaufschlagt das Schaltmittel 110 mit Ansteuersignalen.

Die Anordnung der Meßeinrichtung 130, des elektromagnetischen Verbrauchers 120 und des Schaltmittels 110 sind in der Fig. 1 nur beispielhaft angegeben. Sie können auch in anderer Reihenfolge angeordnet werden. So kann auch vorgesehen sein, daß die Meßeinrichtung zwischen dem Verbraucher 120 und dem Schaltmittel bzw. zwischen dem Schaltmittel 110 und Masse angeordnet ist. Ist die Meßeinrichtung 130 zwischen dem elektromagnetischen Verbraucher 120 und dem Schaltmittel 110 bzw. zwischen dem elektromagnetischen Verbraucher 120 und dem Pluspol U<sub>BAT</sub> angeordnet, so können auch Stromwerte nach Öffnen des Schaltmittels 110 erfaßt werden.

Diese Einrichtung arbeitet nun wie folgt. Die elektronische Steuereinheit 100 berechnet ausgehend von den Signalen der Sensoren 105 Ansteuerimpulse zur Beaufschlagung des Schaltmittels 110. Dieses Schaltmittel 110 ist vorzugsweise als Feldeffekttransistor realisiert. Es sind auch andere Realisierungen wie z. B. Transistoren, möglich. Durch die Betätigung des Schaltmittels 110

wird der elektromagnetische Verbraucher 120 mit Strom beaufschlagt. Der zeitliche Stromverlauf durch diesen elektromagnetischen Verbraucher 120 ist in den Fig. 2 und 3 dargestellt.

Bei dem elektromagnetischen Verbraucher handelt es sich vorzugsweise um ein elektromagnetisches Ventil. Dieses enthält eine bewegliche Ventilnadel, die abhängig davon, ob ein Strom durch den Verbraucher fließt, unterschiedliche Positionen einnimmt. Wird das Schaltmittel betätigt, so geht nach einer gewissen Zeit die Ventilnadel in ihre neue Position über. Zu diesem Zeitpunkt, der als Schaltzeitpunkt bezeichnet wird, weist der Stromverlauf einen Knick auf. Dies bedeutet, der Stromanstieg ändert sich sehr schnell. Unmittelbar vor und nach dem Knick verläuft der Strom über der Zeit nahezu linear.

Der Stromverlauf zu dieser Zeit kann in erster Näherung mittels zweier Geraden beschrieben werden. Der Stromanstieg bzw. die Steigungen der beiden Geraden vor und nach dem Knick unterscheiden sich erheblich. Im Knick ändert sich der Stromanstieg bzw. der differenzierte Stromverlauf wesentlich.

Der Zeitpunkt bei dem sich die Ventilnadel bewegt entspricht dem Zeitpunkt bei dem das elektromagnetische Ventil öffnet. Der Zeitpunkt bei dem die Bewegung der Ventilnadel endet entspricht dem Zeitpunkt bei dem das elektromagnetische Ventil schließt. Insbesondere bei elektromagnetischen Ventilen, die zur Steuerung der einzuspritzenden Kraftstoffmenge in Dieselbrennkraftmaschinen eingesetzt werden, ist es nun erforderlich, daß dieser Schaltzeitpunkt, bei dem sich die Ventilnadel bewegt, genau erfaßt wird. Dieser Schaltzeitpunkt wird von der elektronischen Steuereinheit ausgewertet um die Ein- und/oder Ausschaltzeiten und damit auch die Ansteuerimpulse präzise bestimmen zu können. Unerwünschte Ansteuerimpulse verursachen Abweichungen von den optimalen Werten für die einzuspritzende Kraftstoffmenge bzw. für den Einspritzbeginn. Dies wiederum kann unzulässige Emissionen zur Folge haben.

Zur Erfassung des Schaltzeitpunktes sind die Meßmittel 130 und die Stromerfassung 140 vorgesehen. Das Meßmittel 130 ist vorzugsweise als ohmscher Widerstand 130 realisiert. Die Stromerfassung 140 greift den Spannungsabfall an diesem Meßwiderstand 130 ab. Der Spannungsabfall entspricht dem durch den Widerstand 130 fließenden Strom. Die Stromerfassung 140 ist vorzugsweise als AD-Wandler realisiert. An ihrem Ausgang steht dann ein dem Strom, der durch das elektromagnetische Ventil fließt, proportionaler Zahlenwert an.

Die an dem elektromagnetischen Ventil anliegende Spannung ist in Fig. 2c, der durch das elektromagnetische Ventil 120 fließende Strom I ist in Fig. 2b und die Bewegung bzw. der Hub H der Ventilnadel ist in Fig. 2a über der Zeit T aufgetragen.

Zum Zeitpunkt TE wird das Schaltmittel 110 durchgesteuert. Durch die Induktivität des elektromagnetischen Ventils 120 steigt der Strom I mit einer bestimmten Geschwindigkeit an. Nach einer gewissen Verzögerungszeit beginnt die Ventilnadel sich zu bewegen. Zum Zeitpunkt TSE erreicht sie dann ihre neue Endlage. Zu diesem Schaltzeitpunkt TSE ändert sich die Steigung des Stromverlaufs über der Zeit sehr stark. Dies bedeutet, der Stromverlauf weist zum Schaltzeitpunkt TSE einen Knick auf. Dieser Knick wird durch den Zusammenbruch der induzierten Erregerspannung verursacht.

Zum Zeitpunkt TA wird das Schaltmittel 110 wieder

geöffnet. Die Ventilnadel bewegt sich langsam wieder in ihre ursprüngliche Position zurück. Diese erreicht sie zum Schaltzeitpunkt TSA. Auch zu diesem Punkt weist der Stromverlauf einen Knick auf.

5 Zu dem Zeitpunkt T1 wird der Stromwert I1 gemessen. Aus einer im Steuergerät abgelegten Kennlinie kann nun aus dem Strom I1 ein Zeitraum vorausberechnet, der durch die Zeitpunkte T2 und T3 definiert wird. In diesem Zeitraum zwischen T2 und T3 liegt voraussichtlich der Schaltzeitpunkt TSE bei dem die Ventilnadel ihre neue Endlage erreicht.

Der vorausberechnete Zeitraum ist vergrößert in Fig. 3 aufgetragen. In diesem vorausberechneten Zeitraum wird zu vorgegebenen Zeitpunkten der Strom, der durch das elektromagnetische Ventil 120 fließt, aus dem AD-Wandler 140 in die elektronische Steuereinrichtung 100 ausgelesen. Diese Zeitpunkte, die vorzugsweise vorgegebene gleiche Abstände aufweisen, sind in Fig. 3 mit senkrechten Strichen markiert. Der Stromverlauf wird also nur an einzelnen diskreten Zeitpunkten ermittelt. Eine kontinuierliche Stromerfassung ist also nicht erforderlich. Es werden also nur sehr wenige Daten ausgewertet. Durch diese Vorgehensweise kann ein erheblicher Bauteileaufwand eingespart werden.

25 Durch eine geeignete Schnittpunktinterpolation kann der Schaltzeitpunkt aus den Wertepaaren, die aus den vorgegebenen Zeitpunkten und den entsprechenden Stromwerten bestehen, berechnet werden. Diese Berechnung erfolgt in der elektronischen Steuereinrichtung 100.

Bei der Berechnung des Schaltzeitpunktes wird wie folgt vorgegangen. Wenigstens zwei Zeitpunkte, bei denen die Stromwerte erfaßt werden, sind so gewählt, daß sie vor dem Knick im Stromverlauf liegen. Wenigstens 35 zwei weitere Zeitpunkte sind so gewählt, daß sie nach dem Knick liegen. Die elektronische Steuereinheit berechnet nun ausgehend von den zwei Wertepaaren, bestehend aus Zeitpunkt und dem entsprechenden Stromwert, die Gleichungen der Geraden, die durch jeweils 40 zwei Wertepaare festgelegt wird. Eine der beiden Geraden gibt dabei den Stromverlauf vor und eine Gerade den Stromverlauf nach dem Knick wieder. Anschließend wird der Schnittpunkt der beiden Geraden bestimmt. Der Zeitpunkt, bei dem sich die beiden Geraden schneiden, entspricht dem Schaltzeitpunkt.

Es kann aber auch vorgesehen sein, daß die elektronische Steuereinheit ausgehend von den Wertepaaren mittels einer entsprechenden Interpolation den Knick ausgehend von dem Stromverlauf bestimmt.

50 Die Berechnung des Schaltzeitpunktes TSE erfolgt nun wie in Fig. 4 dargestellt. In einem ersten Schritt 400 wird zu einem vorgegebenen Zeitpunkt T1 nach Betätigung des Schaltmittels 110 der Stromwert I1 eingelesen. Dieser Zeitpunkt hängt vorteilhafterweise von der Drehzahl der Brennkraftmaschine ab. Bei kleinen Drehzahlen ist er später als bei großen Drehzahlen, da bei großen Drehzahlen, die Zumessung während eines kürzeren Intervalls erfolgt.

Ausgehend von dem Stromwert I1 werden dann im Schritt 410 die Zeitpunkte T2 und T3 aus einem Kennfeld ausgelesen bzw. auf andere Weise bestimmt. Bei der Bestimmung dieser Zeitpunkte T2 und T3 können noch weitere Betriebskenngrößen wie zum Beispiel die Drehzahl berücksichtigt werden.

65 Dieser Zeitraum, der durch die Zeitpunkte T2 und T3 definiert ist, wird dann im Schritt 420 in gleich große Zeitintervalle aufgeteilt, die durch die Zeitpunkte TK definiert sind. Zu diesen Zeitpunkten TK werden dann

jeweils die entsprechenden Stromwerte IK aus dem A/D-Wandler 140 ausgelesen. Jeweils ein Zeitpunkt TK und der entsprechende Stromwert IK bilden ein Wertepaar. Ein solches Wertepaar ist beispielhaft in Fig. 3 eingezzeichnet.

Im Schritt 430 erfolgt dann die Berechnung der beiden Geraden G1 und G2, die den Stromverlauf über der Zeit vor und nach dem Knick wiedergeben. Der Schnittpunkt dieser beiden Geraden wird dann im Schritt 440 bestimmt. Ausgehend von diesem Schnittpunkt ergibt sich dann im Schritt 450 der Schaltzeitpunkt TSE. Dieser wird dann zur Bestimmung der Schaltzeit des Magnetventils herangezogen. Der so berechnete Schaltzeitpunkt TSE weicht nur unwesentlich von dem tatsächlichen Schaltzeitpunkt T1 ab.

Wesentlich bei der erfundungsgemäßen Vorgehensweise ist, daß zu vorgegebenen Zeitpunkten nur einzelne diskrete Stromwerte erfaßt werden. Ausgehend von diesen einzelnen Wertepaaren berechnet die elektronische Steuereinheit den Schaltzeitpunkt und damit auch die Öffnungszeit des Magnetventils. Diese Werte werden dann von der elektronischen Steuereinheit 100 zur Bestimmung der Ansteuerimpulse verwendet.

Diese Vorgehensweise hat den Nachteil, daß zur Berechnung des Schaltzeitpunktes TSE sehr viel Rechenzeit benötigt wird. Der Wert für die Schaltzeit steht daher bei laufzeitkritischen Systemen erst bei der nächsten Zumessung zur Verfügung. Um aber eine genaue Mengensteuerung zu ermöglichen, sollte die Schaltzeit bei der Bestimmung des Einspritzendes berücksichtigt werden. Dies ist bei dieser Vorgehensweise nicht möglich. Die Dynamik dieses Systems ist nicht optimal. Um eine schnellere Bestimmung der Schaltzeit zu ermöglichen wird ein Verfahren gemäß Fig. 5 vorgeschlagen.

In einem Initialisierungsschritt 500 wird nach dem Einschalten der Einrichtung die Korrekturzeit auf Null zurückgesetzt. Im Schritt 502 wird zu einem vorgegebenen Zeitpunkt T1 nach dem Ansteuern des Magnetventils der Strom I (T1) erfaßt. Dieser Schritt entspricht dem Schritt 400 der Fig. 4. Anschließend wird aus einem Kennfeld ein geschätzter Wert TSEP für die Schaltzeit ausgelesen. Erfundungsgemäß wurde erkannt, daß ein definierter Zusammenhang F zwischen dem Stromwert I (T1) zu dem definierten Zeitpunkt T1 nach der Ansteuerung des Magnetventils und dem Schaltzeitpunkt besteht.

Diese Bestimmung der Schaltzeit wird als Stromextrapolation bezeichnet. Diese Vorgehensweise ist dynamisch sehr genau, da sie nur sehr wenig Rechenzeit benötigt und daher der Wert für die Schaltzeit für die gleiche Zumessung zur Verfügung steht. Sie weist aber den Nachteil auf, daß sie nur ungenaue aber wiederholbare Werte für die Schaltzeit liefert. Daher werden die so gewonnenen Werte TSEP im Schritt 506 mit einem Korrekturwert korrigiert. Der Korrekturwert wird vorausgesetzt bei der vorhergehenden Zumessung ermittelt.

Im Schritt 510 werden dann entsprechend wie in Schritt 410 die Zeiten T2 und T3 bestimmt. Üblicherweise entsprechen diese Zeitpunkte dem erwarteten Toleranzbereich für die geschätzte Schaltzeit TSEP. In den Schritten 520, 530, 540 und 550 wird dann entsprechend wie in den Schritten 420, 430, 440 und 450 der Fig. 4 die Schaltzeit TSEG berechnet. Im Schritt 560 wird dann ausgehend von der Differenz zwischen den beiden Werten TSEG und TSEP für die Schaltzeit der Korrekturwert DT bestimmt, der dann bei der nächsten Zumessung verwendet wird. Bei der nächsten Zumessung star-

tet das Verfahren mit Schritt 502.

Diese Vorgehensweise besitzt den Vorteil, daß sich ein dynamisch genauer Wert für die Schaltzeit ergibt, wobei ein geringer Teil der Berechnung während der Einspritzung erfolgen muß. Während der Einspritzung kann Rechenzeit gespart werden.

Die Vorgehensweisen nach Fig. 4 und Fig. 5 haben den Vorteil, daß keine analoge Erfassung des Stromverlaufs und eine Differentiation des Stromverlaufs und eine entsprechende Auswertung dieses differenzierten Signals erforderlich ist. Es müssen lediglich diskrete Wertepaare verarbeitet werden. Dadurch vereinfacht sich das Verfahren und die hierzu erforderliche Einrichtung erheblich.

In entsprechender Weise kann auch bei der Bestimmung des Schließezeitpunktes TSA des elektromagnetischen Ventils vorgegangen werden. Hierbei wird dann entsprechend zu einem vorgegebenen Zeitpunkt nach Unterbrechung der Spannungsversorgung zum elektromagnetischen Ventil einen Stromwert erfaßt und ein Zeitbereich, in dem der Knick voraussichtlich erfolgt ermittelt. Die Berechnung des Schließezeitpunktes TSA erfolgt entsprechend wie die des Schaltzeitpunktes TSE.

Kann im Schritt 440 kein Schnittpunkt der beiden Geraden bestimmt werden, bzw. liegt der Schnittpunkt außerhalb des durch die zwei Zeitpunkte T2 und T3 definierten Zeitfenster, so ist von einem Defekt im Bereich des Magnetventils auszugehen. Bei sonst normalem Stromverlauf, dies bedeutet der Strom steigt nach Anlegen der Spannung über der Zeit an, ist das Magnetventil zwar elektrisch funktionsfähig aber mechanisch defekt. Insbesondere tritt dieser Fall ein, wenn die Magnetventilnadel nicht mehr beweglich ist. In diesem Fall wird beim Aufschlagen der Magnetventilnadel in den Sitz keine Spannung induziert. Kann der Knick nicht innerhalb einer bestimmten Zeit nach Einschalten erkannt werden, so spricht dies ebenfalls für einen mechanischen Defekt des Magnetventils.

Entsprechend kann auch bei dem Verfahren gemäß Fig. 5 vorgegangen werden.

Mittels einer einfachen Abfrage 460 im Programmablauf, die überprüft, ob ein zulässiger Einschaltzeitpunkt ermittelt werden konnte, wird eine einfache Online-Diagnose bereitgestellt. Diese Diagnose kann ohne Hardwareaufwand zusätzlich einen hardwaremäßigen Defekt des Magnetventils sicher erkennen. Vorzugswise erfolgt diese Abfrage 460 anschließend an den Schritt 450 der Fig. 4 bzw. anschließend an den Schritt 550 der Fig. 5.

Erkennt die Abfrage 460, daß kein Einschaltzeitpunkt ermittelt werden konnte, so wird im Schritt 470 eine Fehlermeldung abgegeben. Diese Fehlermeldung kann verschiedene Auswirkungen besitzen. Zum einen kann vorgesehen sein, daß mittels geeigneter Mittel, wie zum Beispiel einer Kontrolleuchte, der Fehler dem Fahrer signalisiert wird, andererseits ist erforderlich, daß ein Notfahrbetrieb oder eine Abschaltung der Brennkraftmaschine eingeleitet wird.

Erkennt die Abfrage 460, daß ein Einschaltzeitpunkt ermittelt werden konnte, so arbeitet das Programm mit Schritt 480 weiter.

Zur Realisierung dieser Abfrage stehen mehrere Möglichkeiten zur Verfügung. So kann überprüft werden, ob die Steigungen des Stromverlaufs sich wesentlich ändert. Dies bedeutet es wird überprüft, ob die zweite Ableitung über der Zeit des Stroms größer als ein Schwellwert wird. Diese Überprüfung kann auch derart erfolgen, indem abgefragt wird, ob die Differenz

zwischen den beiden Steigungen der beiden Geraden größer als ein Schwellwert ist.

Als weitere Alternative kann diese Abfrage überprüfen, ob der berechnete Schnittpunkt der beiden Geraden außerhalb des durch die Zeitpunkte T2 und T3 definierten Fensters liegt bzw. ob die beiden Geraden nahezu parallel verlaufen. Dies ist der Fall, wenn die Steigungen der beiden Geraden nahezu gleiche Werte annehmen, bzw. wenn die Differenz zwischen den beiden Steigungen kleiner als ein Schwellwert ist.

Anstelle der Stromwerte können zur Bestimmung der Einschaltzeit auch andere Größen ausgewertet werden. So können alle Signale verwendet werden, die beim Einschaltzeitpunkt einen Knick in ihrem zeitlichen Verlauf aufweisen. So kann beispielsweise die Taktfrequenz, mit der das Schaltmittel angesteuert wird, herangezogen werden. Dies ist insbesondere dann erforderlich, wenn eine Konstantstromregelung vorgesehen ist.

## Patentansprüche

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

sprüche, dadurch gekennzeichnet, daß auf Fehler erkannt wird, wenn kein zulässiger Schaltzeitpunkt ermittelbar ist.

9. Einrichtung zur Steuerung einer magnetventilgesteuerten Kraftstoffzumesseinrichtung, insbesondere für eine Dieselbrennkraftmaschine, mit Mitteln (100) zur Ermittlung eines Schaltzeitpunktes eines elektromagnetischen Verbrauchers (120) durch Detektion eines Knicks im zeitlichen Verlauf einer Größe, die dem Strom durch den elektromagnetischen Verbraucher entspricht, dadurch gekennzeichnet, daß Meßmittel (130, 140) vorgesehen sind, die lediglich einzelne diskrete Werte (IK) zu vorgegebenen Zeitpunkten (TK) auswerten.

10. Einrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßmittel einen AD-Wandler (140) umfassen.

---

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

---

1. Verfahren zur Steuerung einer magnetventilgesteuerten Kraftstoffzumesseinrichtung insbesondere für eine Dieselbrennkraftmaschine, wobei ein Schaltzeitpunkt (TSE, TSA) eines elektromagnetischen Verbrauchers (120) durch Detektion eines Knicks im zeitlichen Verlauf einer Größe, die dem Strom durch den elektromagnetischen Verbraucher entspricht, ermittelbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß hierzu lediglich einzelne diskrete Werte der Größe (IK) zu vorgebbaren Zeitpunkten (TK) ausgewertet werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß diskrete Werte (IK) in einem Zeitraum (T2; T3) erfaßt werden, der ausgehend von einem, zu einem vorgegebenen Zeitpunkt (T1) erfaßten, Wert (I1) vorgebbar ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß ausgehend von jeweils wenigstens zwei Wertepaaren (TK; IK), bestehend aus einem diskreten Wert (IK) und dem entsprechenden Zeitpunkt (TK), zwei Geraden (G1, G2) bestimmbar sind.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß ausgehend von dem Schnittpunkt der Geraden sich der Schaltzeitpunkt (TSE, TSA) des elektromagnetischen Verbrauchers (120) ergibt und ausgehend von den Schaltzeitpunkten die Ein- und/oder die Ausschaltzeiten des elektromagnetischen Verbrauchers bestimmbar sind.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ausgehend von einem, zu einem vorgegebenen Zeitpunkt (T1) erfaßten, Wert (I (T1)), ein geschätzter Schaltzeitpunkt (TSEP) vorgebbar ist.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß dieser geschätzte Schaltzeitpunkt (TSEP) mittels eines Korrekturwerts (DT) korrigierbar ist.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß dieser Korrekturwert (DT) bei der vorhergehenden Zumessung ausgehend von dem geschätzten Schaltzeitpunkt (TSEP) und dem mittels des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 4 bestimmten Schaltzeitpunkt (TSEG) vorgebbar ist.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden An-

**- Leerseite -**

FIG. 2a

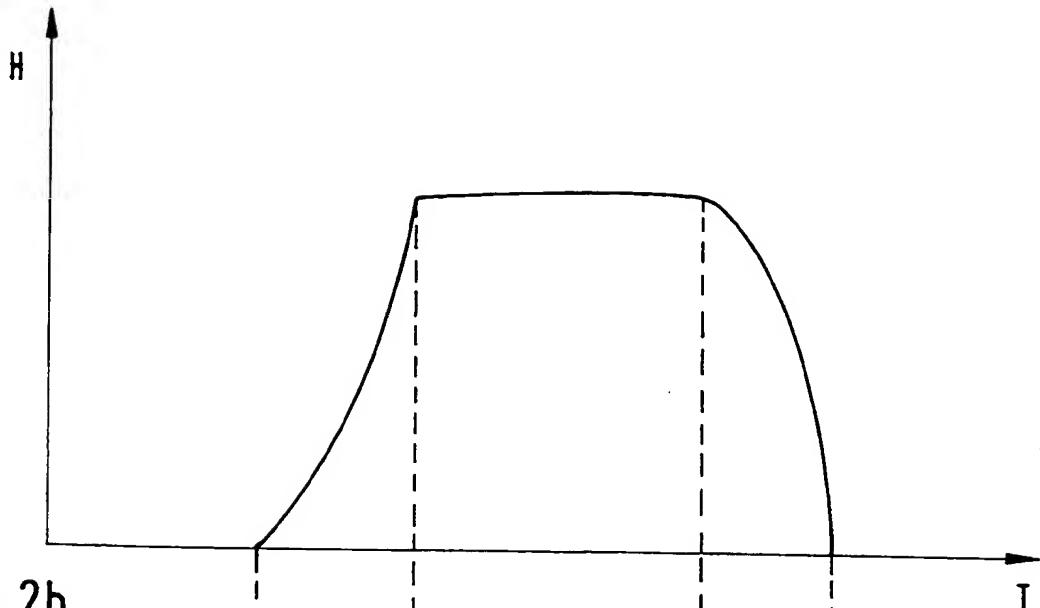


FIG. 2b

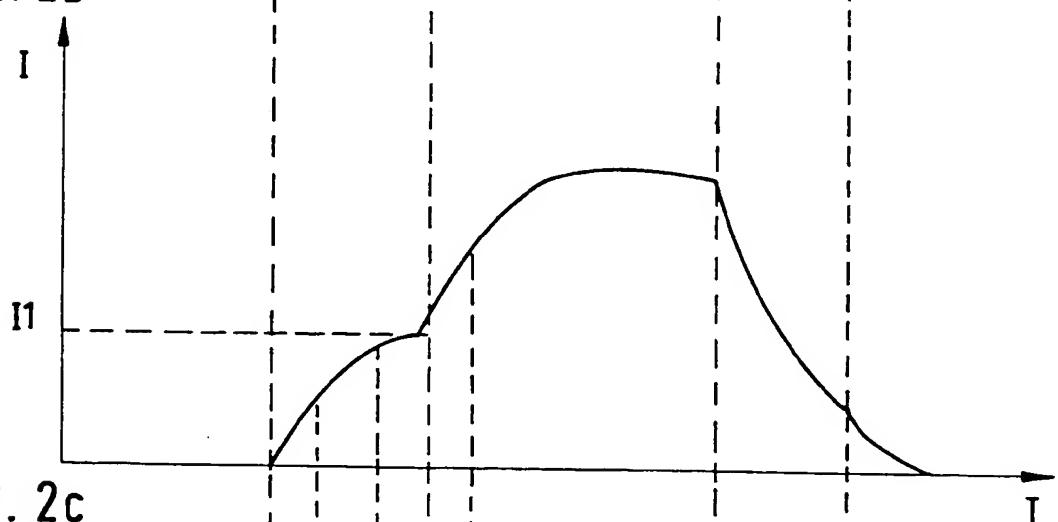


FIG. 2c

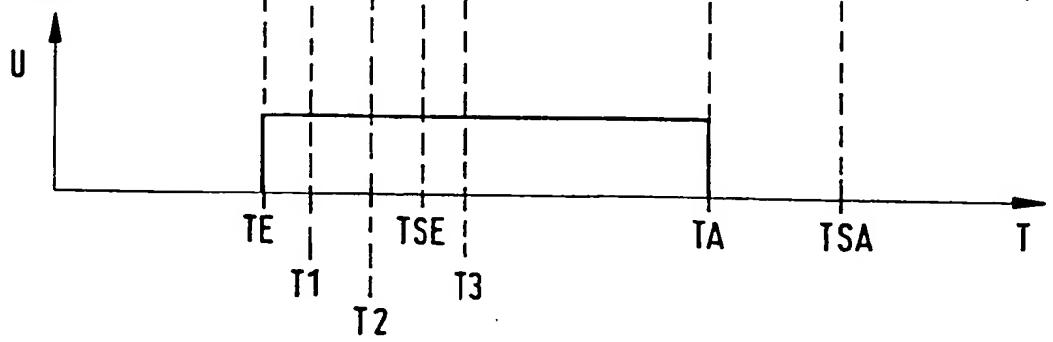


FIG. 1

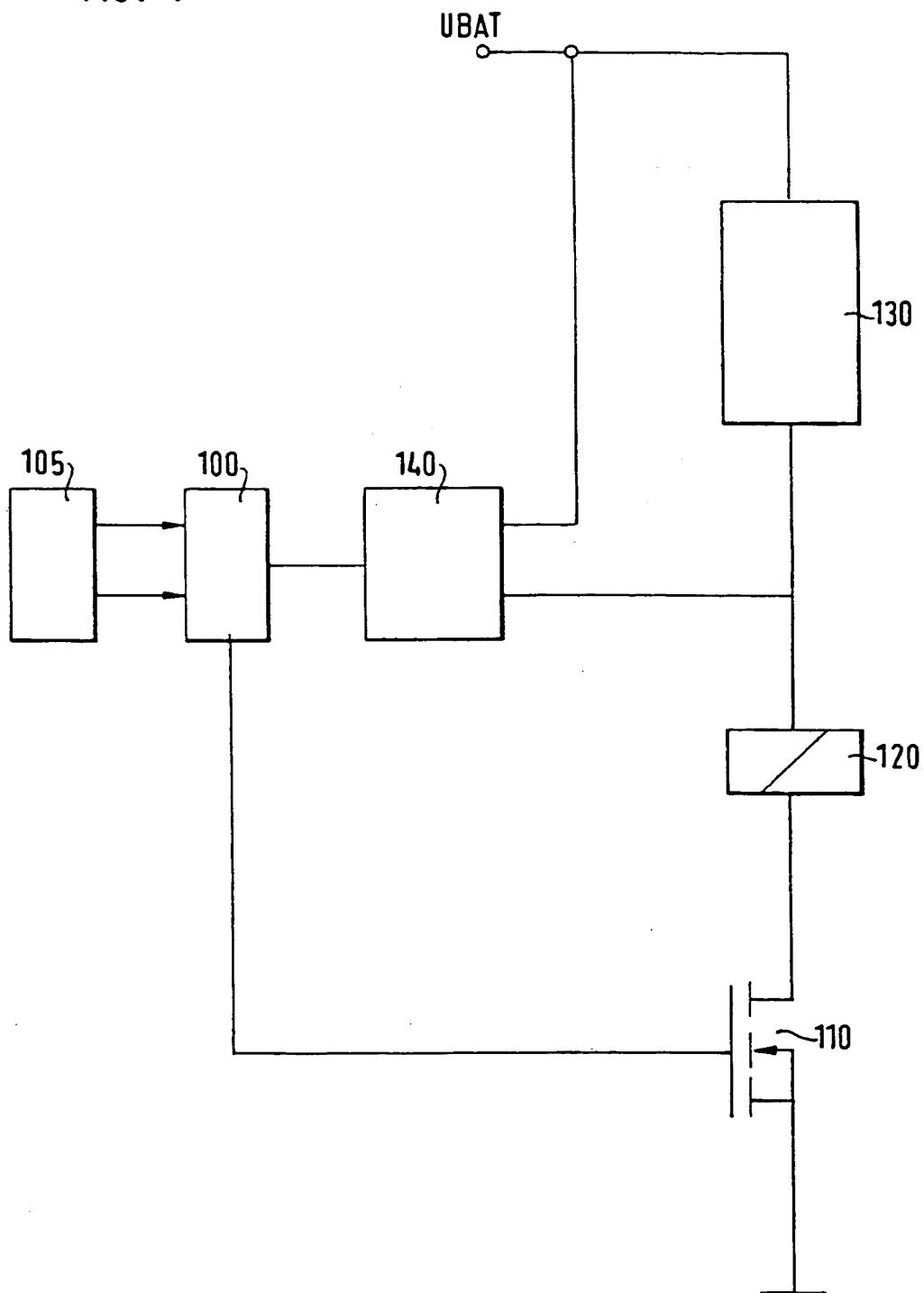


FIG. 3

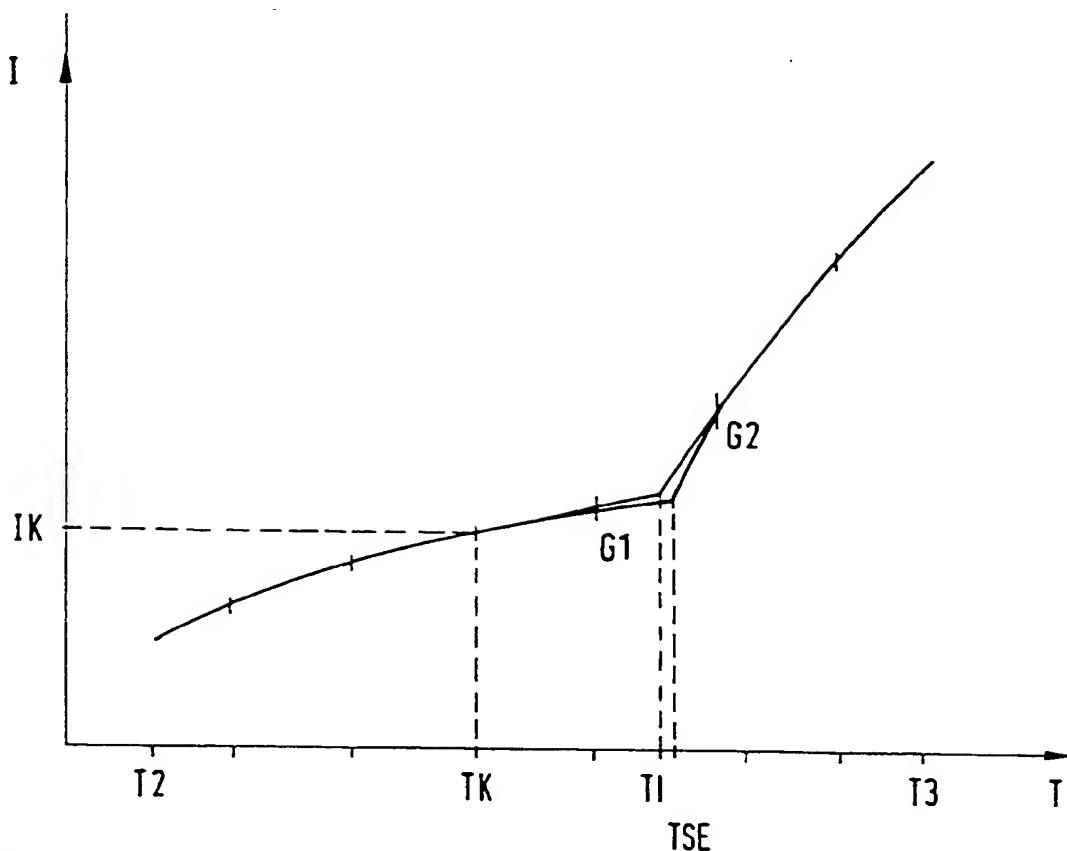


FIG. 4

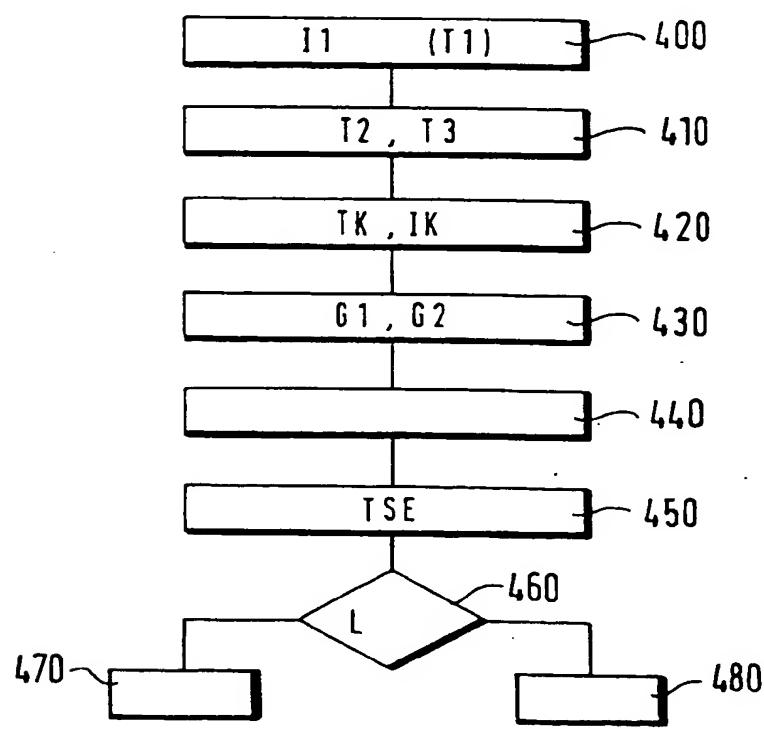


FIG. 5

